

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Teori**

Pada bagian ini berisi tentang landasan teori yang digunakan dalam melakukan penelitian Curah Hujan Bulanan Menggunakan Metode *Recurrent Neural Network (RNN)* Berdasarkan Data Stasiun Klimatologi Kabupaten Malang, serta tinjauan pustaka dari penelitian terdahulu.

##### **2.1.1 Curah Hujan**

Cuaca merupakan keadaan suatu atmosfer pada suatu tempat dan waktu tertentu biasanya di perhitungkan pada kondisi harian. Umumnya kajian cuaca hanya meliputi temperatur, curah hujan dan angin. Hujan merupakan salah satu faktor cuaca. Hujan yaitu jatuhnya hidrometeor yang merupakan sebuah partikel-partikel air dengan diameter 0.5 mm atau lebih. Jika jatuhnya sampai ke tanah maka disebut hujan, akan tetapi apabila jatuhnya tidak dapat mencapai tanah karena menguap lagi maka jatuhnya tersebut disebut virga. Hujan juga dapat didefinisikan sebagai uap yang mengalami kondensasi dan jatuh ke tanah dalam rangkaian proses hidrologi. Hujan merupakan salah satu bentuk presipitasi uap air yang berasal dari awan yang terdapat di atmosfer. Bentuk presipitasi lainnya adalah salju dan es. Agar dapat terjadi hujan, diperlukan titik-titik kondensasi, amoniak, debu dan asam belerang. Titik-titik kondensasi ini mempunyai sifat dapat mengambil uap air dari udara [4].

Curah hujan selalu dinyatakan dalam satuan millimeter atau inchi. Namun di Indonesia satuan curah hujan yang digunakan adalah dalam satuan millimeter (mm). Curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Curah.hujan 1 (satu) milimeter artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu milimeter atau tertampung air sebanyak satu liter. Sedangkan intensitas curah hujan adalah banyaknya curah hujan persatuan jangka waktu tertentu. Apabila dikatakan intensitasnya besar berarti hujan lebat dan kondisi ini sangat berbahaya karena dapat menimbulkan banjir, longsor dan efek negatif terhadap tanaman [4].

Variabilitas iklim tahunan dan antar tahunan di Indonesia cukup unik karena tidak sama untuk semua daerah dan berpengaruh pada pola cuaca dan curah

hujannya (Haylock and McBride dalam Aldrian) [4]. Sementara Tjasyono menjelaskan bahwa pola monsun, ITCZ (Inter Tropical Convergence Zone) dan konveksi troposfer (MJO) ialah beberapa pola cuaca yang kerap mewarnai dinamika daerah beriklim tropis khususnya Indonesia. Selain itu dengan interaksi daratan dan lautan serta topografi wilayah dalam skala lokal maka kajian iklim regional di berbagai daerah di Indonesia merupakan suatu proses awal untuk memahami pengaruh dari pola-pola cuaca tersebut baik secara kualitatif maupun kuantitatif [4].

Berbagai parameter cuaca yang diawali oleh radiasi matahari diteruskan dengan fluktuasi suhu sehingga mengakibatkan perbedaan tekanan diberbagai tempat menjadi pemicu pergerakan massa udara yang mengandung uap air dari siklus hidrologi, untuk kemudian mengalami proses-proses termodinamik sehingga dapat menjadi awan dan selanjutnya turun ke permukaan bumi sebagai hujan. Secara statistik curah hujan di wilayah beriklim tropis seperti Indonesia merupakan salah satu parameter yang dapat menggambarkan kondisi cuaca secara umum baik jangka pendek maupun jangka panjang. Pola Curah Hujan Menurut Tjasyono, Indonesia secara umum dapat dibagi menjadi 3 pola iklim utama dengan melihat pola curah hujan selama setahun. Hal ini didukung oleh Aldrian dan Susanto yang telah mengklasifikasi iklim Indonesia sebagai berikut:

a. Curah Hujan Pola Monsunal

Pola ini monsun dicirikan oleh tipe curah hujan yang bersifat unimodial (satu puncak musim hujan) dimana pada bulan Juni, Juli dan Agustus terjadi musim kering, sedangkan untuk bulan Desember, Januari dan Februari merupakan bulan basah. Sedangkan enam bulan sisanya merupakan periode peralihan atau pancaroba (tiga bulan peralihan musim kemarau ke musim hujan dan tiga bulan peralihan musim hujan ke musim kemarau). Daerah yang didominasi oleh pola monsun ini berada didaerah Sumatra bagian Selatan, Kalimantan Tengah dan Selatan, Jawa, Bali, Nusa Tenggara dan sebagian Papua.

b. Curah Hujan Pola Ekuatorial

Pola ekuatorial dicirikan oleh tipe curah hujan dengan bentuk bimodial (dua puncak hujan) yang biasanya terjadi sekitar bulan Maret dan Oktober atau

pada saat terjadi ekinoks. Daerahnya meliputi pulau Sumatra bagian tengah dan Utara serta pulau Kalimantan bagian Utara.

c. Curah Hujan Pola

Lokal Pola lokal dicirikan oleh bentuk pola hujan unimodial (satu puncak hujan), tetapi bentuknya berlawanan dengan tipe hujan monsun. Daerahnya hanya meliputi daerah Maluku, Sulawesi dan sebagian Papua [4]. Curah hujan merupakan unsur iklim yang paling dominan dalam mencirikan kondisi iklim di Indonesia karena curah hujan di Indonesia memiliki keragaman dan fluktualisasi yang tinggi. Faktor yang mempengaruhi variabilitas iklim di Indonesia adalah ENSO. ENSO merupakan interaksi atmosfer laut yang berpusat di ekuator Samudera Pasifik yang berpotensi menyebabkan terjadinya anomali iklim global, yaitu fenomena El Nino dan La Nina [5].

El Nino adalah fenomena global yang ditandai dengan memanasnya suhu permukaan laut di wilayah NINO 3.4 atau Ekuator Pasifik Tengah. Anomali suhu permukaan laut pada wilayah tersebut adalah positif sehingga memiliki suhu rata-rata. Fenomena tersebut berdampak pada berkurangnya jumlah curah hujan di Indonesia. Kondisi tersebut membuat pertanian di Indonesia mengalami peluang kekeringan. La Nina merupakan fenomena global yang ditandai dengan menurunnya suhu permukaan laut di Samudera Pasifik tropis bagian timur dan tengah dengan anomali suhu permukaan lautnya bernilai negatif. La Nina menyebabkan curah hujan di Indonesia meningkat [6].

### **2.1.2 Kabupaten Malang**

Kondisi Geografis dan Iklim Kabupaten Malang adalah sebuah wilayah yang terletak di bagian tengah selatan Propinsi Jawa Timur. Yang berbatasan dengan enam kabupaten dan Samudera Indonesia. Timur laut, berbatasan dengan Kabupaten Pasuruan dan Probolinggo. Sisi timur, berbatasan dengan Kabupaten Lumajang, sisi selatan berbatasan dengan Samudera Indonesia. Sisi Barat yaitu berbatasan dengan Kabupaten Blitar. Barat laut berbatasan dengan Kabupaten Kediri dan Mojokerto. Posisi geografis ini menyebabkan Kabupaten Malang memiliki tempat yang cukup strategis. Hal ini ditandai dengan semakin padatnya jalur transportasi utara dan selatan yang melewati Kabupaten Malang terletak antar koordinat 112°17', 10,90" Bujur Timur

dan 112o57',00,00" Bujur Timur dan antara 7o44',55,11" Lintang Selatan dan 8o26',35,45" Lintang Selatan.

Dengan luas sekitar 3.238,26 Km<sup>2</sup> (sumber; Pusat Pengelolaan DAS Brantas), Kabupaten Malang berada di peringkat kedua terbesar setelah Kabupaten Banyuwangi dari 38 kabupaten atau kota di Propinsi Jawa Timur. 55 kondisi topografi Kabupaten Malang adalah daerah dataran tinggi yang dikelilingi oleh pegunungan dan dataran rendah atau daerah lembah pada ketinggian 250-500 meter diatas permukaan laut yang terletak di bagian tengah wilayah Kabupaten Malang. Dataran tinggi adalah bukit kapur (Pegunungan Kendeng) di elatan pada ketinggian 0-650 meter diatas permukaan laut, daerah lereng Tengger-Semeru di timur membentang dari utara ke selatan pada ketinggian 500-3600 meter daerah permukaan laut dan daerah lereng Kawi-Arjuno di bagian barat pada ketinggian 500-3.300 meter diatas permukaan laut. Ada sembilan gunung dan satu pegunungan yang tersebar merata di bagian Utara, Timur, Selatan dan Barat Kabupaten Malang. Beberapa gunung telah dikenal secara nasional yaitu, Gunung Bromo (2.329 meter), Gunung Semeru (3.676 meter) gunung tertinggi di Pulau Jawa, Gunung Kawi (2.651 meter), Gunung Panderman (2.040 meter), Gunung Welirang (2.156 meter), Gunung Kelud (1.731 meter), Gunung Arjuno (3.339 meter), Gunung Batok (2.868 meter), Gunung Anjasmoro (2.277 meter), dan Pegunungan Kendeng (600 meter). Kondisi topografi yang demikian mengindikasikan potensi hutan yang besar. Hutan yang merupakan sumber air yang cukup, mengalir sepanjang tahun melalui sungai-sungainya dan mengairi lahan pertanian. Dari 18 sungai besar dan ternama di Kabupaten Malang, diantaranya, terdapat Sungai Brantas, sungai terbesar dan terpanjang di Jawa Timur. Hulu Sungai Brantas bagian atas terdapat di wilayah Kota Batu dan hulu bawah berada di wilayah Kabupaten Malang. Kondisi pegunungan dan perbukitan menjadi Kabupaten Malang terasa sejuk dan banyak diminati sebagai tempat 56 tinggal dan tempat peristirahatan. Tinggi pusat pemerintahan kecamatan (Kantor Camat) dari permukaan laut berkisar antara 240-1.299 meter dpl.

### **2.1.3 Machine Learning**

Di era zaman pesatnya ilmu teknologi kecerdasan buatan perkembangan zaman saat ini, cabang kecerdasan buatan muncul dan memberikan banyak perhatian dari peneliti, salah satunya yaitu pembelajaran mesin atau *machine learning (ML)*. *Machine learning (ML)* mempelajari sebuah tori pembelajaran suatu mesin atau komputer sehingga komputerr dapt “belajar” dari data. Pmbelajaran mesin mlibatkan berbagai disiplinilmu

seperti statistik pada matematika, sains komputer, dan bahkan neurologi. Istilah pembelajaran mesin pertama didefinisikan oleh Arthur Samuel tahun 1959.

Pembelajaran mesin dapat juga untuk menentukan metode yang digunakan dalam meningkatkan kinerja atau membuat prediksi yang akurat [7]. Menurut J. Putra *machine learning (ML)* adalah untuk membuat inferensi data secara matematis [8]. Jadi pada dasarnya *machine learning* adalah untuk membuat model matematis yang menggambarkan pola-pola data [8].

Machine learning (ML) yaitu salah satu kecerdasan buatan yang sangat banyak digunakan dalam tahap penyelesaian masalah dengan menggunakan data dan pembelajaran tertentu yang dilakukan oleh manusia. Ada dua yang dapat digunakan dalam *machine learning*, yaitu klasifikasi dan prediksi [9]. Ciri fitur yang khas dari *machine learning (ML)* yaitu suatu proses pelatihan. Dengan begitu *machine learning (ML)* sangat membutuhkan data disebut data *training*.

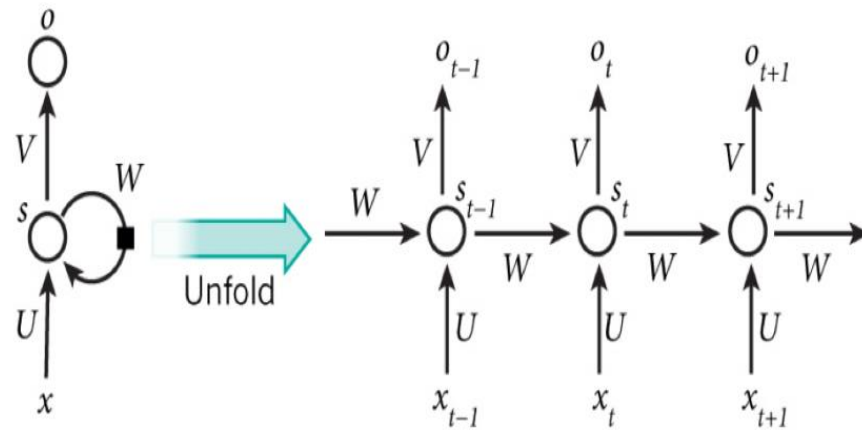
#### **2.1.4 Deep Learning**

*Deep Learning* adalah sebuah bidang keilmuan baru dalam bidang *Machine Learning* yang akhir-akhir ini berkembang karena perkembangan teknologi GPU acceleration. *deep learning (DL)* yaitu sebuah teknik yang digunakan dalam *machine learning (ML)* dengan banyak *layer* untuk pengolahan informasi non-linier dan untuk melakukan ekstraksi fitur, pengenalan pola, dan klasifikasi [10]. *Deep learning (DL)* didasarkan pada pembelajaran representasional. Implementasi *deep learning* terdiri dari banyak lapisan jaringan saraf, di mana setiap lapisan mendapat *input* dari lapisan sebelumnya dan dibagi ke lapisan selanjutnya. Penerapan sebuah konsep jaringan saraf tiruan telah banyak juga digunakan untuk komunitas riset dan industri agar dapat membantu menyelesaikan masalah seperti halnya gambar atau visi komputer dan suara atau pengenalan ucapan.

#### **2.1.5 Recurrent Neural Network (RNN)**

RNN merupakan salah satu metode *deep learning* yang merupakan salah satu bentuk arsitektur *Artificial Neural Networks (ANN)* yang dirancang khusus untuk memproses data yang bersambung/ berurutan (*sequential data*). RNN biasanya digunakan untuk menyelesaikan tugas yang terkait dengan data *time series*, misalnya data ramalan cuaca. Sebagai contoh, cuaca hari ini dapat bergantung pada cuaca hari sebelumnya [14].

*Recurrent Neural Network (RNN)* adalah bagaimana mengeksploitasi struktur data yang sekuensial. RNN yaitu berasal dari fakta bahwa ia beroperasi secara berulang. Hal ini berarti bahwa operasi yang sama dilakukan untuk setiap elemen dari suatu urutan, dengan *output*nya tergantung pada *input* saat ini dan operasi sebelumnya. Pada intinya adalah RNN berfokus pada sifat data dimana instans waktu saat sebelumnya atau saat ini ( $t$ ) mempengaruhi instans pada waktu berikutnya ( $t + 1$ ) [14].



**Gambar 2.1** Proses RNN Saat Perhitungan Waktu Didepannya

Pada gambar di atas, gambar sebelah kiri merupakan sebuah diagram sirkuit, dimana kotak hitam menunjukkan *time delay* (penundaan waktu) dari satu *time step*. Diagram tersebut menunjukkan RNN pada posisi yang tidak dibuka (*unrolled*) ke jaringan penuh (*full network*). Sedangkan gambar sebelah kanan menunjukkan RNN yang telah dibuka (*unrolled / unfolded*) menjadi *full network* sehingga urutan sekuensnya (*sequence*) menjadi lengkap. Contohnya jika *sequence* yang kita miliki ialah 1 kalimat dengan 5 kata, maka jaringan akan dibuka di dalam 5 *layer neural network*, satu layer untuk setiap kata. Berikut ini ialah keterangan simbol formula dari gambar di atas:

- $x_t$  adalah input pada *time step*. Misalnya,  $x_1$  dapat menjadi *one-hot vector* yang sesuai dengan kata kedua dari sebuah kalimat yang sedang diproses.
- $s_t$  adalah *hidden state* pada setiap *time step t*. *Hidden state* bisa disebut sebagai “memory” dari sebuah *network* yang berfungsi menyimpan hasil perhitungan dan rekaman yang telah dilakukan.  $s_t$  dihitung berdasarkan *hidden state* sebelumnya dan berdasarkan input pada *current state* (keadaan saat ini):  $s_t = f(Ux_t + Ws_{t-1})$ .

- c. Fungsi  $f$  biasanya adalah non linier seperti  $\tanh$  atau  $\text{Relu}$ .  $s_{t-1}$  digunakan untuk menghitung *hidden state* yang pertama, biasanya pada inisialisasi selalu diawali dengan 0 (nol).
- d.  $o_t$  adalah *output* pada *step*  $t$ . Misalnya, jika kita ingin memprediksi “kata selanjutnya” pada sebuah kalimat, maka  $o_t$  merupakan vektor probabilitas di seluruh kosakata dalam *database* yang kita miliki.  $o_t = \text{softmax}(Vs_t)$  [15].

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

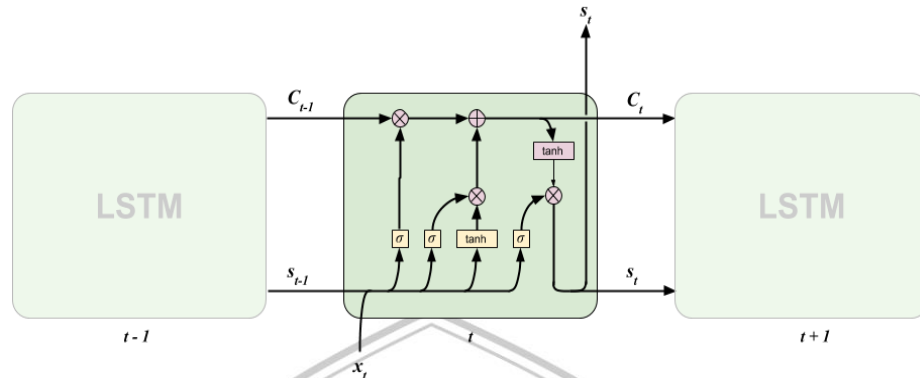
- a. *Hidden state*,  $s_t$ , sebagai memori dari *network* (jaringan).
- b.  $s_t$  merekam informasi yang terjadi pada *time step* sebelumnya.
- c. *Output step*,  $o_t$ , dihitung hanya berdasarkan setiap waktu  $t$  di dalam memori. Namun pada praktiknya, seringkali  $s_t$  tidak dapat menangkap informasi dari *time step* yang terlalu banyak dilalui.
- d. Tidak seperti *deep neural network* biasa yang menggunakan parameter berbeda setiap *layer*-nya, RNN justru membagi sama rata parameter ( $U$ ,  $V$ ,  $W$  di atas) di semua langkahnya. Hal ini berarti semua menjalankan tugas yang sama di setiap *step*-nya.
- e. Pada diagram di atas memiliki *output* pada setiap *time step*-nya, tetapi bergantung pada tugas yang tidak diperlukan. Misalnya, ketika memprediksi sentimen pada sebuah kalimat kita mungkin hanya perlu melihat *output* akhirnya saja, tidak perlu melihat sentimen setiap katanya. Demikian pula, kita tidak memerlukan input pada setiap *time step*-nya. Namun perlu diingat kembali bahwa fitur utama dari RNN adalah *hidden layer*, yang menangkap informasi dari setiap sekuens [16].

### 2.1.6 Data Time Series

*Time series* yaitu suatu rangkaian data yang berurutan berdasarkan waktu [11]. Secara matematis didefinisikan sebagai vektor  $x(t) = 0, 1, 2, \dots$  dimana  $t$  mewakili waktu yang telah berlalu atau historis. Variable  $x(t)$  diperlakukan sebagai variabel acak. Pengukuran yang dilakukan selama acara dalam *time series* di atur dalam urutan kronologis yang tepat [11]. Model *time series* adalah nilai estimasi masa depan yang ditentukan oleh nilai variabel atau kesalahan masa lalu. Model *time series* biasanya lebih sering digunakan untuk peramalan. Dalam teknik *time series* adap kategori utama yang perlu diperebutkan, yaitu *leveling* dan dekomposisi. Metode *smoothing* mendasarkan prediksinya dengan

perinsip kesalahan masa lalu (*leveling past error*) dengan menambahkan nilai estimasi sebelumnya dengan persentase kesalahan antara nilai aktual serta nilai pestimasi.

### 2.1.7 Long Short Term Memory(LSTM)



**Gambar 2.2** Contoh Arsitektur LSTM RNN (Olah 2015)

Long short term memory recurrent neural network atau LSTM RNN merupakan salah satu pengembangan neural network yang mampu mempelajari long-term dependency. LSTM RNN diperkenalkan oleh Hochreiter dan Schmidhuber pada tahun 1997, yang kemudian semakin disempurnakan dan dipopulerkan hingga saat ini, LSTM RNN dapat bekerja dengan sangat baik pada berbagai macam masalah. Ada beberapa arsitektur unit LSTM. Arsitektur umum terdiri dari forget gate, input gate, output gate. Contoh arsitektur LSTM RNN dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Sebuah cell di LSTM RNN menyimpan sebuah nilai atau keadaan (cell state), baik untuk periode waktu yang panjang atau singkat. Input gate mengendalikan sejauh mana sebuah nilai baru mengalir ke dalam sel, forget gate mengendalikan sejauh mana sebuah nilai tetap berada di dalam cell dan output gate mengendalikan sejauh mana nilai dalam cell digunakan untuk menghitung aktivasi output dari unit LSTM RNN. Ada hubungan masuk dan keluar dari ketiga gate tersebut. Beberapa koneksi berulang (recurrent). Masing-masing gerbang memiliki parameter sendiri, yaitu bobot dan bias [13].

### 2.1.8 Python

*Python* yaitu bahasa pemrograman yang multiguna. Tidak seperti halnya bahasa lain yang sulit dibaca dan dipahami, *Python* lebih fokus pada keterbukaan kode untuk memfasilitasi penyelesaian sintaksis.

*Python* yaitu salah satu contoh bahasa pemrograman tingkat tinggi. Contoh bahasa pemrograman lain adalah *C++*, *Pascal*, *Java*, *Pert*, dan lainnya. Sedangkan bahasa tingkat rendah adalah bahasa mesin. Sederhananya, komputer hanya dapat menjalankan program



yang ditulis dalam bahasa mesin. Oleh karena itu jika suatu program ditulis dalam bahasa tingkat tinggi, program tersebut harus disesuaikan sebelum dapat dijalankan di komputer. Dengan keunggulan ini, banyak aplikasi diprogram menggunakan bahasa tingkat tinggi. Adapun beberapa fitur yang dimiliki *python* antara lain.

- a. Memiliki kepastakaan yang luas dalam distribusi *python* telah disediakan modul-modul.
- b. Memiliki tata bahasa yang jernih dan mudah dipelajari.
- c. Memiliki aturan *layout* kode sumber yang memudahkan pengecekan, pembacaan kembali dan penulisan ulang kode sumber.
- d. Berorientasi obyek.
- e. Dapat dibangun dengan bahasa pemrograman *python*

#### **2.1.9 Matplotlib**

Merupakan bagian dari paket inti SciPy yang juga ditawarkan di bawah lisensi BSD. Matplotlib yaitu library ilmiah Python yang populer digunakan untuk menghasilkan visualisasi sederhana dan kuat. Matplotlib dapat menggunakan kerangka kerja Python untuk ilmu data agar dapat menghasilkan sebuah grafik, histogram, chart dan bentuk serta gambar lain yang kreatif tanpa perlu khawatir menulis banyak baris kode.

#### **2.1.10 Pandas**

Library Pandas ialah library hebat lain yang dapat meningkatkan keterampilan Python untuk data science. Sama halnya NumPy, Pandas juga memiliki keluarga perangkat lunak open source SciPy yang tersedia di bawah lisensi perangkat lunak bebas BSD.

Pandas memberikan suatu alat yang serbaguna serta kuat untuk struktur data, dan Pandas juga bisa analisis data yang luas. Pandas juga memberikan fungsi yang sangat baik dalam data dunia nyata yang tidak lengkap atau tidak terstruktur dan Pandas juga dilengkapi dengan tool untuk menggabungkan, menganalisis, membentuk, serta memvisualisasikan datasets.

#### **2.1.11 Numpy**

Numerical Python atau biasa yang disebut dengan NumPy yaitu salah satu library yang tinggi dan dilengkapi dengan sumber daya yang berguna untuk membantu para data scientist dalam melakukan operasi vektor serta matriks dengan mengolah array dan array multidimensi.

Selain digunakan untuk menyelesaikan persamaan aljabar linier (linear algebra equations) dan perhitungan matematis lainnya, NumPy juga merupakan wadah multi dimensi yang serbaguna dalam berbagai jenis data generik. Dengan begitu NumPy juga dikenal dengan kehebatannya, karena NumPy dapat terintegrasi dengan bahasa pemrograman lain seperti C / C++ dan Fortran. Fleksibilitas perpustakaan NumPy memungkinkannya dengan mudah dan cepat bergabung dengan berbagai database dan tools.

#### **2.1.12 Keras**

*Library keras* yaitu salah satu *library* yang dapat digunakan dalam menyelesaikan permasalahan mengenai jaringan syaraf. *Library keras* untuk mempercepat eksperimen pada proses konvolusi dan *recurrent* pada *neural network*, maupun kombinasi antar keduanya. Dalam membuat model jaringan syaraf menggunakan *library keras* tidak memakan konversi dalam perhitungan matematika satu per satu.

#### **2.1.13 Tensorflow**

*Library Tensorflow* yaitu sebuah pustaka atau *library* perangkat lunak yang dikembangkan oleh Tim *Google Brain* pada organisasi penelitian mesin cerdas *google*, untuk tujuan melakukan pembelajaran mesin dan penelitian jaringan syaraf yang mendalam. *Tensorflow* kemudian menerjemahkan teknik optimisasi kompilasi aljabar komputasional, kemudian menghitung banyak konversi matematis dengan menghemat waktu yang diperlukan untuk melakukan perhitungan. Fitur dalam *tensorflow* adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan, mengoptimalkan, dan menghitung efisiensi secara matematis yang melibatkan *array* multi dimensi (tensor).
- b. Pemrograman dukungan jaringan syaraf tiruan dan teknik pembelajaran mesin.
- c. Menggunakan GPU, potomalisasi, serta mengoptimalkan memori dan data yang sama digunakan. *Tensorflow* dapat menulis kode yang sama dan menjalankannya dengan benar pada *Central Processing Unit* (CPU) atau *Graphics Processing Unit* (GPU). Lebih khusus lagi, *tensorflow* akan tahu bagian mana yang harus ditransfer ke GPU.
- d. Skalabilitas komputasi tinggi di seluruh mesin dan data set besar.

## 2.2 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian dahulu terdapat beberapa penelitian dari beberapa sumber untuk dijadikan untuk referensi tambahan sebagai di penelitian ini. Adapun penelitian tersebut yaitu:

- a. Padat tahun 2013, penulis Andi Ihwan, yang berjudul “Metode Jaringan Saraf Tiruan Propagasi Balik Untuk Estimasi Curah Hujan Bulanan di Ketapang Kalimantan Barat” dengan menggunakan model Jaringan Saraf Tiruan (JST) algoritma propagasi balik, dalam penelitian dilakukan estimasi curah hujan bulanan dengan studi kasus di Kabupaten Ketapang dengan menggunakan data selama 15 tahun (1997- 2012).
- b. Tahun 2013, dengan penulis Herkulana, Andi Ihwan, M.Ishak Jumarang yang berjudul “Estimasi Curah Hujan Bulanan Kota Pontianak Dengan Suhu Permukaan Laut Sebagai Estimator Berdasarkan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation” dalam penelitian ini telah dilakukan estimasi untuk mengetahui pengaruh Suhu Permukaan Laut(SPL) terhadap curah hujan bulanan wilayah Pontianak tahun 2001 s.d 2012 dengan menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan(JST) dan algoritma Backpropagation.
- c. penelitian yang dilakukan oleh Rizal & Hartati (2017) untuk memprediksi kunjungan wisatawan di pulau Lombok dengan menggunakan RNN Extended Kalman Filter, dan Udin et al.
- d. Tahun 2018, dengan penulis Diera Desmonda, Tursina, M. Azhar Irwansyah dengan judul “Prediksi Besaran Curah Hujan Menggunakan Metode Fuzzy Time Series” aplikasi ini dirancang dengan menggunakan forecasting atau peramalan dengan metode Fuzzy Time Series.
- e. Tahun 2018, dengan penulis Trupti Katte, yang berjudul “*Recurrent Neural Network and its Various Architecture Types*”, menyimpulkan bahwa metode RNN sangat kuat dalam pemodelan data.